





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-325630

(43)公開日 平成11年(1999)11月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
F 2 5 B 9/02

識別記号

F I  
F 2 5 B 9/02

J

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-136271

(22)出願日 平成10年(1998)5月19日

(71)出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72)發明者 本田 忠明

東京都江東区豊洲3丁目2番16号 石川島

播磨重工業株式会社豊洲総合事務所内

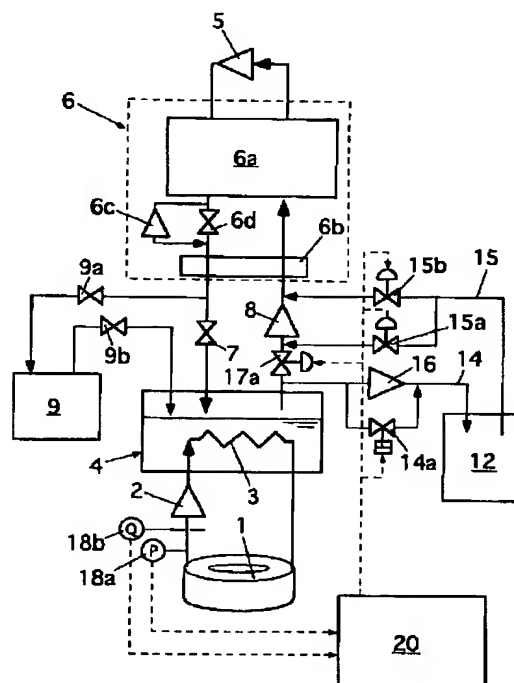
(74)代理人 弁理士 堀田 実 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ヘリウム液化冷凍装置

(57) 【要約】

【課題】 定常時に必要な以上に大型の常温圧縮機を必要とせず、かつ低温のヘリウムガスを無駄に加温することなく、熱交換用貯槽内でのヘリウムガスの一時的な大量発生に対応することができるヘリウム液化冷凍装置を提供する。

【解決手段】 液体ヘリウムを内部に保有する液体ヘリウム槽４と、液体ヘリウム槽内の極低温のヘリウムガスを圧縮する低温圧縮機８と、圧縮したヘリウムガスを常温で更に圧縮する常温圧縮機５と、ヘリウムガスを熱交換して冷却するクロードサイクル冷凍機６と、ヘリウムガスを断熱膨張させるＪＴ膨張弁（７）とを備え、液体ヘリウム槽内のヘリウムガスを圧縮して昇圧し、クロードサイクル冷凍機で冷却し、ＪＴ膨張弁で断熱膨張させて液化するヘリウム液化冷凍装置において、液体ヘリウム槽で発生する極低温のヘリウムガスを一時的に保有し徐々に戻す低温バッファタンク１２を備える。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液体ヘリウムを内部に保有する液体ヘリウム槽（4）と、液体ヘリウム槽内の極低温のヘリウムガスを圧縮する低温圧縮機（8）と、圧縮したヘリウムガスを常温で更に圧縮する常温圧縮機（5）と、ヘリウムガスを熱交換して冷却するクロードサイクル冷凍機（6）と、ヘリウムガスを断熱膨張させるJ T膨張弁（7）とを備え、液体ヘリウム槽内のヘリウムガスを圧縮して昇圧し、クロードサイクル冷凍機で冷却し、J T膨張弁で断熱膨張させて液化するヘリウム液化冷凍装置において、

液体ヘリウム槽で発生する極低温のヘリウムガスを一時的に保有し徐々に戻す低温バッファタンク（12）を備える、ことを特徴とするヘリウム液化冷凍装置。

【請求項2】 液体ヘリウム槽と低温圧縮機の間から分岐して低温バッファタンクに極低温のヘリウムガスを供給する分岐ライン（14）と、低温バッファタンクから低温圧縮機の上流側及び／又は下流側にヘリウムガスを戻す戻りライン（15）と、を備え、

分岐ラインは、低温排気圧縮機（16）とこれをバイパスするバイパス弁（14a）を有し、戻りラインは、戻り流量を調節する流量調節弁（15a, 15b）を有し、分岐ラインの分岐点と低温圧縮機の間にはライン流量を調節する流量調節弁（17a）を備える、ことを特徴とする請求項1に記載のヘリウム液化冷凍装置。

【請求項3】 被冷却体における急激な発熱を検知する圧力検知器（18a）及び流量計測器（18b）と、検知された発熱に応じてバイパス弁（14a）、流量調節弁（15a, 15b）又は流量調節弁（17a）を制御する制御装置（20）を備える、ことを特徴とする請求項2に記載のヘリウム液化冷凍装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は液体ヘリウムを製造するためのヘリウム液化冷凍装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】大型加速器、核融合試験設備、MHD発電、リニアモータ等に用いる超電導コイル等を冷却するために液体ヘリウムが用いられる。液体ヘリウムは実在気体のうちで最も低い沸点を有し、この液体ヘリウムでコイルを極低温に冷却することにより、電気抵抗が零となる超電導現象を確立することができる。

【0003】図2は、従来のヘリウム液化冷凍装置の構成図である。この図において、1は被冷却体（超電導コイル）、2は低温ポンプ、3は熱交換器であり、低温ポンプ2で加圧し熱交換器3で冷却した加圧液体ヘリウムを超電導コイル1内に供給して強制冷却するようになっている。更に図2において、4は熱交換用貯槽、5は常温（例えば300K）で作動する常温圧縮機、6はクロードサイクル冷凍機（コールドボックスと呼ぶ）、7は

ジュール・トムソン効果により冷却するJ T膨張弁、8は低温（例えば4～5 K）で作動する低温圧縮機であり、熱交換用貯槽4内のヘリウムガスを低温圧縮機8と常温圧縮機5で高圧（例えば16～18atm）まで昇圧し、コールドボックス6で冷却し、J T膨張弁7で断熱膨張させて液化する。また、この例では、液化ラインにヘリウム貯槽9がJ T膨張弁7をバイパスして設けられて液体ヘリウムを保有している。なお、図2において、6aは複数の熱交換器、6bは最終の熱交換器、6cは膨張弁であり、6d, 9a, 9b, 13a, 13bは開閉弁である。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述したヘリウム液化冷凍装置において、被冷却体1（超伝導コイル等）を極低温で冷却している時に、被冷却体1が短時間の間、急激に発熱することがある。この場合に、熱交換用貯槽4内でのヘリウムガスの発生量が急激に増大し、このガスをそのまま低温圧縮機8及びコールドボックス6に供給すると戻りガスが大幅に増加し装置を停止させてしまうことがある。そのため、従来のヘリウム液化冷凍装置では、図2に示すように、低温圧縮機8及びコールドボックス6をバイパスするラインにバイパス弁10と大気式の加温器11を設け、急激な発熱が発生した際にはこれを検知してバイパス弁10を開き、かつ加温器11を通して低压回収タンク12に余分なヘリウムガスを流して、常温圧縮機5と低温圧縮機8とコールドボックス6のオーバーロードを回避していた。

【0005】しかし大気式の加温器11は、動力を使用して冷やしたガスを大気を利用して暖める一種の熱交換器であり、余分なヘリウムガスを大気で加熱して低温

（例えば4～5 K）から常温（例えば300 K）まで加温するため、その分のエネルギーが無駄に放出され、非効率、非経済である問題点があった。また、大量に発生したヘリウムガスの全量を常温圧縮機5で圧縮するため、常温圧縮機5を定常時に必要な以上に大型にする必要があった。

【0006】本発明は、かかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明は、定常時に必要な以上に大型の常温圧縮機を必要とせず、かつ低温のヘリウムガスを無駄に加温することなく、熱交換用貯槽内でのヘリウムガスの一時的な大量発生に対応することができるヘリウム液化冷凍装置を提供することにある。

##### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、液体ヘリウムを内部に保有する液体ヘリウム槽（4）と、液体ヘリウム槽内の極低温のヘリウムガスを圧縮する低温圧縮機（8）と、圧縮したヘリウムガスを常温で更に圧縮する常温圧縮機（5）と、ヘリウムガスを熱交換して冷却するクロードサイクル冷凍機（6）と、ヘリウムガス

を断熱膨張させるＪＴ膨張弁（７）とを備え、液体ヘリウム槽内のヘリウムガスを圧縮して昇圧し、クロードサイクル冷凍機で冷却し、ＪＴ膨張弁で断熱膨張させて液化するヘリウム液化冷凍装置において、液体ヘリウム槽で発生する極低温のヘリウムガスを一時的に保有し徐々に戻す低温バッファタンク（１２）を備える、ことを特徴とするヘリウム液化冷凍装置が提供される。

【０００８】本発明の構成により、被冷却体（超伝導コイル等）が急激に発熱し、液体ヘリウム槽（４）内で大量のヘリウムガスが発生して低温圧縮機、コールドボックス、及び常温圧縮機の定格容量を超える場合でも、発生した極低温のヘリウムガスを一時的に低温バッファタンク（１２）に保有することにより、低温圧縮機、コールドボックス、及び常温圧縮機の定格容量での運転を継続することができる。次いで、被冷却体の急激な発熱時間は短いので、ヘリウムガスの大量発生がおさまった後に、低温バッファタンクから徐々に戻すことにより、元の定常状態に復帰することができる。

【０００９】本発明の好ましい実施形態によれば、液体ヘリウム槽と低温圧縮機の間から分岐して低温バッファタンクに極低温のヘリウムガスを供給する分岐ライン（１４）と、低温バッファタンクから低温圧縮機の上流側及び／又は下流側にヘリウムガスを戻す戻りライン（１５）と、を備え、分岐ラインは、低温排気圧縮機（１６）とこれをバイパスするバイパス弁（１４ａ）を有し、戻りラインは、戻り流量を調節する流量調節弁（１５ａ、１５ｂ）を有し、分岐ラインの分岐点と低温圧縮機の間にはライン流量を調節する流量調節弁（１７ａ）を備える。

【００１０】この構成により、例えば戻りライン（１５）の流量調節弁（１５ａ又は１５ｂ）を微開にし、低温排気圧縮機（１６）を起動して常時低温バッファタンク（１２）を冷却しておき、液体ヘリウム槽（４）（熱交換用貯槽）からの戻りガスが、被冷却体１の急激な発熱により増大してきたら低温排気圧縮機（１６）の回転数をあげ、流量調節弁（１５ａ又は１５ｂ）を微開にしたまま、低温バッファタンク（１２）に極低温のヘリウムガスを貯め、被冷却体１の過渡発熱が終了したら、流量調節弁（１５ａ又は１５ｂ）を開き戻りガスを冷凍機に戻すことができる。従って、余分なヘリウムガスを加熱することなくそのまま低温バッファタンク（１２）内に貯めるので全体の冷凍効率が高まる。また、低温圧縮機を設置することにより、バッファタンクのサイズを小さくすることができる。

【００１１】また、被冷却体１における急激な発熱を検知する圧力検知器（１８ａ）及び流量計測器（１８ｂ）と、検知された発熱に応じてバイパス弁（１４ａ）、流量調節弁（１５ａ、１５ｂ）又は流量調節弁（１７ａ）を制御する制御装置（２０）を備える、ことが好ましい。この構成により、被冷却体１における急激な発熱を

圧力検知器（１８ａ）による急激な圧力上昇、及び／又は流量計測器（１８ｂ）による流量の急減により、液体ヘリウム槽（４）内でのヘリウムガスの大量発生より前にそれを予知することができ、制御装置（２０）によりバイパス弁（１４ａ）、流量調節弁（１５ａ、１５ｂ）又は流量調節弁（１７ａ）を的確に制御することができる。

#### 【００１２】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。なお、各図において共通する構成要素には同一の符号を付して使用する。図１は、本発明によるヘリウム液化冷凍装置の全体構成図である。この図に示すように、本発明のヘリウム液化冷凍装置は、液体ヘリウムを内部に保有する液体ヘリウム槽４と、液体ヘリウム槽４内の極低温のヘリウムガスを圧縮する低温圧縮機８と、圧縮したヘリウムガスを常温で更に圧縮する常温圧縮機５と、ヘリウムガスを熱交換して冷却するクロードサイクル冷凍機６と、ヘリウムガスを断熱膨張させるＪＴ膨張弁７とを備え、液体ヘリウム槽４内のヘリウムガスを低温圧縮機８と常温圧縮機５で圧縮して昇圧し、クロードサイクル冷凍機６で冷却し、ＪＴ膨張弁７で断熱膨張させて液化するようになっている。かかる構成は、図２に示した従来のヘリウム液化冷凍装置と同様である。

【００１３】図１における液体ヘリウム槽４の温度及び圧力は、例えば約４．５Ｋ、１．３ａｔｍであり、この状態で保持された液体ヘリウムにより熱交換器３で加圧した液体ヘリウムを冷却し、低温ポンプ２で超伝導コイル１内に供給して強制冷却する。また、本発明によれば、超伝導コイル１に加圧液体ヘリウムを強制循環するラインに圧力検知器１８ａと流量計測器１８ｂを備え、被冷却体における急激な発熱を検知するようになっている。

【００１４】図１における低温圧縮機８は、液体ヘリウム槽４とほぼ同一の温度及び圧力で作動する。一方、常温圧縮機５の作動温度及び圧力は、例えば約３００Ｋ、１．０３ａｔｍであり、ほぼ常温常圧で作動する。

【００１５】本発明によれば、液体ヘリウム槽４で発生する極低温のヘリウムガスを一時的に保有し徐々に戻す低温バッファタンク１２を備えている。また、液体ヘリウム槽４と低温圧縮機８の間から分岐して低温バッファタンク１２に極低温のヘリウムガスを供給する分岐ライン１４と、低温バッファタンク１２から低温圧縮機８の上流側及び／又は下流側にヘリウムガスを戻す戻りライン１５とを備える。分岐ライン１４は、低温排気圧縮機１６とこれをバイパスするバイパス弁１４ａを有し、低温バッファタンク１２内の圧力が低い間は、バイパス弁１４ａを開いてそのまま極低温のヘリウムガスを低温バッファタンク１２に流し、低温バッファタンク１２内の圧力が高くなった場合には、低温排気圧縮機１６を作動

させて加圧して供給できるようになっている。

【0016】また、戻りライン15は、戻り流量を調節する流量調節弁15a、15bを有する。図1の例では、流量調節弁15a、15bがそれぞれ低温圧縮機8の上流側及び下流側に通じており、それぞれの位置にヘリウムガスを戻すようになっている。流量調節弁15a、15bは全体の圧力バランスにより選択的に使用してもよく、或いは同時に両方を用いてもよい。更に、分岐ライン14の分岐点と低温圧縮機8の間にはライン流量を調節する流量調節弁17aを備えている。この流量調節弁17aによりライン流量を調節すると同時に、ライン側に流れ抵抗を持たせ、低温排気圧縮機16を作動せしめずにヘリウムガスを低温バッファタンク12及び戻りライン15へとスムーズに流すことができる。

【0017】また、本発明によれば、バイパス弁14a、流量調節弁15a、15b又は流量調節弁17aを制御する制御装置20を備えている。

【0018】上述した本発明の構成により、例えば戻りライン15の流量調節弁15a又は15bを微開にし、低温排気圧縮機16を起動して常時低温バッファタンク12を冷却しておくことができる。なお、低温排気圧縮機16を起動せずに、流量調節弁17aを制御して、ライン側に流れ抵抗を持たせ、ヘリウムガスをバイパス弁14aを開いて低温バッファタンク12に流してもよい。次いで、液体ヘリウム槽4からの戻りガスが、被冷却体1の急激な発熱により増大してきたら低温排気圧縮機16の回転数をあげ、流量調節弁15a又は15bを微開にしたまま、低温バッファタンク12に極低温のヘリウムガスを貯める。なお、被冷却体1の急激な発熱は、圧力検知器18aによる急激な圧力上昇、及び／又は流量計測器18bによる流量の急減により、液体ヘリウム槽4内でのヘリウムガスの大量発生より前にそれを予知することができる。また、低温排気圧縮機16を始めは起動せず、低温バッファタンク12内の圧力が低い間は、バイパス弁14aを開いてそのまま極低温のヘリウムガスを低温バッファタンク12に流し、低温バッファタンク12内の圧力が高くなった場合には、低温排気圧縮機16を作動させて加圧して供給するようにしてもよい。次に、被冷却体1の過渡発熱が終了したら、流量調節弁15a又は15bを開き戻りガスを冷凍機に戻す。

【0019】本発明の構成により、被冷却体（超伝導コイル等）が急激に発熱し、液体ヘリウム槽4内で大量のヘリウムガスが発生して低温圧縮機、コールドボックス、及び常温圧縮機の定格容量を超える場合でも、発生した極低温のヘリウムガスを一時的に低温バッファタンク12に保有することにより、低温圧縮機、コールドボ

ックス、及び常温圧縮機の定格容量での運転を継続することができる。次いで、被冷却体の急激な発熱時間は短いので、ヘリウムガスの大量発生がおさまった後に、低温バッファタンクから徐々に戻すことにより、元の定常状態に復帰することができる。従って、余分なヘリウムガスを加熱することなくそのまま低温バッファタンク12内に貯めるので全体の冷凍効率が高まる。また、低温圧縮機を設置することにより、バッファタンクのサイズを小さくすることができる。

【0020】なお、本発明は、上述した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々に変更できることは勿論である。

#### 【0021】

【発明の効果】上述したように、本発明のヘリウム液化冷凍装置は、定常時に必要な以上に大型の常温圧縮機を必要とせず、かつ低温のヘリウムガスを無駄に加温することなく、熱交換用貯槽内でのヘリウムガスの一時的な大量発生に対応することができる、等の優れた効果を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

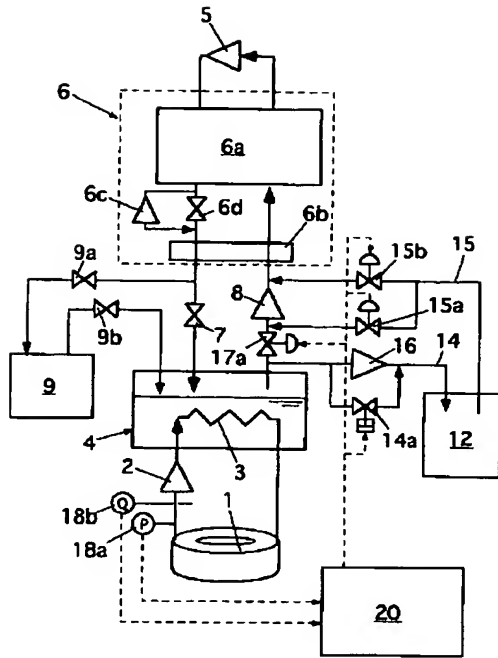
【図1】本発明によるヘリウム液化冷凍装置の全体構成図である。

【図2】従来のヘリウム液化冷凍装置の構成図である。

#### 【符号の説明】

- 1 被冷却体（超伝導コイル）
- 2 低温ポンプ
- 3 熱交換器
- 4 熱交換用貯槽（液体ヘリウム槽）
- 5 常温圧縮機
- 6 クロードサイクル冷凍機（コールドボックス）
- 7 J T膨張弁
- 8 低温圧縮機
- 9 ヘリウム貯槽
- 10 バイパス弁
- 11 大気式加温器
- 12 低温バッファタンク
- 14 分岐ライン
- 14a 流量調節弁
- 15a, 15b 戻りライン
- 16 低温排気圧縮機
- 16a 流量調節弁
- 17 バイパス弁
- 17a 流量調節弁
- 18a 圧力検知器
- 18b 流量計測器
- 20 制御装置

【図 1】



【図 2】

